

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Appl. No.           **TBA**  
Applicant(s):      **YASUI, Shugo**  
Filed:              **Concurrent Herewith**  
TC/A.U.            **TBA**  
Examiner:          **TBA**  
Title:              **Flexbeam**

Confirmation No.: **TBA**

Docket No.:       **032405.159**  
Customer No.:     **25461**

**CLAIM FOR FOREIGN PRIORITY**

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

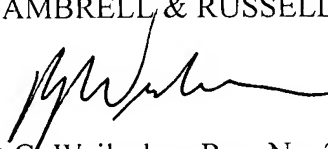
Sir:

Relating to the above-identified United States patent application, and under the provisions of Section 119 of 35 U.S.C., Applicant hereby claims the benefit of Japanese Application No. 2002-351595 filed in the Japanese Patent Office on December 3, 2002.

In support of Applicant's claim for priority, a certified copy of said Japanese application is attached hereto.

Respectfully submitted,

SMITH, GAMBRELL & RUSSELL, LLP



By: Robert G. Weilacher, Reg. No. 20,531

Dated: December 3, 2003  
Suite 3100, Promenade II  
1230 Peachtree Street, N.E.  
Atlanta, Georgia 30309-3592  
Ph: (404) 815-3593  
Fax: (404) 685-6893

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2002年12月 3日

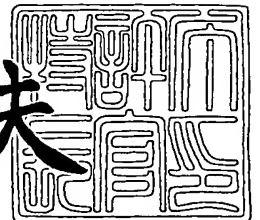
出願番号  
Application Number: 特願2002-351595  
[ST. 10/C]: [JP2002-351595]

出願人  
Applicant(s): 富士重工業株式会社

2003年10月 6日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3081984

【書類名】 特許願

【整理番号】 Y1020533

【提出日】 平成14年12月 3日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B64C 27/35

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿一丁目 7 番 2 号 富士重工業株式会  
社内

    【氏名】 安井 秀吾

【特許出願人】

    【識別番号】 000005348

    【氏名又は名称】 富士重工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100090033

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 荒船 博司

【選任した代理人】

    【識別番号】 100093045

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 荒船 良男

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 027188

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 フレックスビーム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フラッピング部及びリードラグ・フェザリング部を備えるフレックスビームにおいて、

前記リードラグ・フェザリング部は、

長尺狭幅の略平板状の中央部と、

前記中央部に連続しその長手方向に沿った両端部から分岐して上下に延在する略平板状の中間部と、

前記中間部に連続しその各端部から折曲して前記中央部と略平行に延在する略平板状の縁部と、を有し、

前記分岐した部分及び／又は前記折曲した部分に形成される隅部に、この隅部を形成する 2 平面と滑らかに繋がり、これら 2 平面の延長面よりも内部に至る断面略円弧状の凹部を有することを特徴とするフレックスビーム。

【請求項 2】

フラッピング部及びリードラグ・フェザリング部を備えるフレックスビームにおいて、

前記リードラグ・フェザリング部は、

ビーム長さ方向に延在し複数の繊維配向を有する第 1 複合材と、ビーム長さ方向に延在しこの延在方向と同一の繊維配向を有する第 2 複合材と、が一体的に接合されてなるものであって、

ビーム厚さ方向中央部に配置されビーム幅方向に延在する中央部分と、

前記中央部分の両端部から各々ビーム上下方向に分岐するようにビーム前縁方向及びビーム後縁方向に延在する第 1 延在部分と、

前記第 1 延在部分の各々の端部で前記中央部分と略平行な方向に折曲するようにビーム前縁方向及びビーム後縁方向に延在する第 2 延在部分と、

が前記第 1 複合材により形成され、

前記中央部分、前記第 1 延在部分及び前記第 2 延在部分の各々のビーム上下側

表面に配置された上下部分と、

前記第 1 延在部分及び前記第 2 延在部分の各々のビーム前後縁側表面に配置された前後縁部分と、

が前記第 2 複合材により形成され、

前記中央部分、前記第 1 延在部分、前記上下部分及び前記前後縁部分を備えて形成された分岐部、及び／又は、前記第 1 延在部分、前記第 2 延在部分、前記上下部分及び前記前後縁部分を備えて形成された折曲部に凹部が設けられてなることを特徴とするフレックスビーム。

### 【請求項 3】

前記凹部の表面を被覆する複合材製のダブラを備えることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のフレックスビーム。

### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、フレックスビームに関し、特に、ベアリングレス型ハブ構造を有するヘリコプタ用のフレックスビームに関する。

#### 【0002】

#### 【従来の技術】

ヘリコプタのブレードは、フラッピング運動、フェザリング運動及びリードラグ運動の各々が可能となるように、ハブを介してロータシャフトに連結されている。近年においては、ブレードに前記 3 運動を行わせるために、弾性（可撓性）を有するフレックスビームを使用したベアリングレス型ハブ構造が提案され、実用化されている。

#### 【0003】

かかるベアリングレス型ハブ構造で使用されるフレックスビームは、可撓性を有するフラッピング部、リードラグ部及びフェザリング部を備えており、ブレードの前記 3 運動は、フラッピング部及びリードラグ部の撓みや、フェザリング部の捩りによって実現されている。

#### 【0004】

従来のフレックスビームとしては、フェザリング部の断面形状を2つの略Y字形状を結合させた形状としたものが提案されている（例えば、特許文献1参照。）。この特許文献1に記載のフレックスビームのフェザリング部は、ビーム厚さ方向中央部に配置される中央部材と、中央部分が中央部材の上下面に接するように配置されるとともにビーム前端部分及び後端部分が中央部分と平行になるように折り曲げ成形された一方向部材と、これら一方向部材の折曲部の表面に配置された積層材と、を備えて構成されている。

#### 【0005】

##### 【特許文献1】

特開平10-287297号公報（第3頁、第4図）

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかし、特許文献1に記載のフレックスビームのフェザリング部においては、一方向部材の平坦な部分における板厚が均一であるとともに、折曲部で局所的に板厚が増大しているため、依然として折曲部の捩り剛性が高い。このため、捩り変形によって生じるせん断応力が集中して大きくなるので、強度向上に改善の余地がある。また、フレックスビームの捩り剛性が高いと、ブレードのピッチ変更に大きい操縦力を要するため、ピッチ変更用の操縦系統に負荷がかかり、この操縦系統の構成部品等の安全性・信頼性が低下するという問題があった。

#### 【0007】

なお、特許文献1に記載のフレックスビームは、フェザリング部の一方向部材の折曲部に積層材が配置されて補強されているが、捩り剛性の高さに起因する前記操縦系統の信頼性の問題を解決することはできなかった。

#### 【0008】

本発明の課題は、フレックスビームにおいて、フェザリング部の捩り剛性を低下させることにより、捩り変形によって生じるせん断応力を小さくして強度を向上させるとともに、ピッチ変更用の操縦系統の安全性・信頼性を向上させることである。

#### 【0009】

## 【課題を解決するための手段】

以上の課題を解決するために、請求項1に記載の発明は、フラッピング部及びリードラグ・フェザリング部を備えるフレックスビームにおいて、前記リードラグ・フェザリング部は、長尺狭幅の略平板状の中央部と、前記中央部に連続しその長手方向に沿った両端部から分岐して上下に延在する略平板状の中間部と、前記中間部に連続しその各端部から折曲して前記中央部と略平行に延在する略平板状の縁部と、を有し、前記分岐した部分及び／又は前記折曲した部分に形成される隅部に、この隅部を形成する2平面と滑らかに繋がり、これら2平面の延長面よりも内部に至る断面略円弧状の凹部を有することを特徴とする。

## 【0010】

請求項1に記載の発明によれば、リードラグ・フェザリング部は、中央部と中間部との間の分岐した部分に形成される隅部、及び／又は、中間部と縁部との間の折曲した部分に形成される隅部に、この隅部を形成する2平面と滑らかに繋がり、これら2平面の延長面よりも内部に至る断面略円弧状の凹部を備えるので、振り剛性が低くなり、力の集中を緩和することができる。

## 【0011】

従って、振り変形によって生じるせん断応力が小さくなるため、ビームの強度を向上させることができる。また、リードラグ・フェザリング部の振り剛性が低くされることにより、ブレードのピッチ変更に必要な操縦力を低減させることができる。この結果、ピッチ変更用の操縦システムへの負荷を軽減することができ、この操縦システムの構成部品等の安全性・信頼性を向上させることができる。

## 【0012】

請求項2に記載の発明は、フラッピング部及びリードラグ・フェザリング部を備えるフレックスビームにおいて、前記リードラグ・フェザリング部は、ビーム長さ方向に延在し複数の繊維配向を有する第1複合材と、ビーム長さ方向に延在しこの延在方向と同一の繊維配向を有する第2複合材と、が一体的に接合されるものであって、ビーム厚さ方向中央部に配置されビーム幅方向に延在する中央部分と、前記中央部分の両端部から各々ビーム上下方向に分岐するようにビーム前縁方向及びビーム後縁方向に延在する第1延在部分と、前記第1延在部分の

各々の端部で前記中央部分と略平行な方向に折曲するようにビーム前縁方向及びビーム後縁方向に延在する第2延在部分と、が前記第1複合材により形成され、前記中央部分、前記第1延在部分及び前記第2延在部分の各々のビーム上下側表面に配置された上下部分と、前記第1延在部分及び前記第2延在部分の各々のビーム前後縁側表面に配置された前後縁部分と、が前記第2複合材により形成され、前記中央部分、前記第1延在部分、前記上下部分及び前記前後縁部分を備えて形成された分岐部、及び／又は、前記第1延在部分、前記第2延在部分、前記上下部分及び前記前後縁部分を備えて形成された折曲部に凹部が設けられてなることを特徴とする。

#### 【0013】

請求項2に記載の発明によれば、リードラグ・フェザリング部は、第1複合材からなる中央部分及び第1延在部分と、第2複合材からなる上下部分及び前後縁部分と、を備えて形成された分岐部、及び／又は、第1複合材からなる第1延在部分及び第2延在部分と、第2複合材からなる上下部分及び前後縁部分と、を備えて形成された折曲部に凹部が設けられるので、振り剛性が低くなり、力の集中を緩和することができる。

#### 【0014】

従って、振り変形によって生じるせん断応力が小さくなるため、ビームの強度を向上させることができる。また、リードラグ・フェザリング部の振り剛性が低くされることにより、ブレードのピッチ変更に要する操縦力を低減させることができる。この結果、ピッチ変更用の操縦系統への負荷を軽減することができ、この操縦系統の構成部品等の安全性・信頼性を向上させることができる。

#### 【0015】

請求項3に記載の発明は、請求項1又は2に記載のフレックスビームにおいて、前記凹部の表面を被覆する複合材製のダブラを備えることを特徴とする。

#### 【0016】

請求項3に記載の発明によれば、複合材製のダブラによって凹部の表面が被覆されるので、凹部が設けられて板厚が薄くなった隅部（分岐部及び／又は折曲部）が補強される。従って、曲げ荷重や振り荷重に対するビームの強度を向上させ



ることができる。

【0 0 1 7】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を、図面に基づいて詳細に説明する。

【0 0 1 8】

本実施の形態に係るフレックスビーム 1 は、ヘリコプタのベアリングレス型ハブ構造を構成する長尺狭幅の板状体（図 1 参照）であり、その弾性（可撓性）により、ブレードのフラッピング運動、フェザリング運動及びリードラグ運動を実現させるものである。

【0 0 1 9】

まず、図 1 及び図 2 を用いて、本実施の形態に係るフレックスビーム 1 の大まかな構成を説明する。図 1 は、本実施の形態に係るフレックスビーム 1 の外観を示すものであり、（a）は平面図、（b）は側面図である。また、図 2 は、図 1（a）のII-II部分の拡大断面図である。

【0 0 2 0】

なお、以下の説明においては、図 1 に示した矢印 L の方向を「ビーム長さ方向」とし、図 1 及び図 2 に示した矢印 W の方向を「ビーム幅方向」とし、矢印 T の方向を「ビーム厚さ方向」とする。また、図 1 及び図 2 に示した矢印 U の方向を「ビーム上方向」とし、矢印 D の方向を「ビーム下方向」とし、矢印 F の方向を「ビーム前縁方向」とし、矢印 R の方向を「ビーム後縁方向」とする。

【0 0 2 1】

フレックスビーム 1 は、シャフト取付部 2 と、フラッピングエレメント 3 と、トランジットエレメント 4 と、リードラグ・トーションエレメント 5 と、ブレード取付部 6 と、を備えて構成されている。

【0 0 2 2】

シャフト取付部 2 は、ヘリコプタのロータシャフトに取り付けられる部分であって、図 1 に示すようにフレックスビーム 1 のビーム長さ方向中央部に設けられている。

【0 0 2 3】

フラッピングエレメント 3 は、ビーム長さ方向に対して直角な方向の断面形状が略矩形状とされた板状部分であって、シャフト取付部 2 の両側に構成されている。フラッピングエレメント 3 は、図 1 に示すようにビーム厚さ方向の寸法（板厚）がビーム幅方向の寸法に対して小さくされており、その上下方向の柔構造によってブレードのフラッピング運動（ビーム上下方向の曲げ運動）を可能にするものである。フラッピングエレメント 3 は、本発明におけるフラッピング部である。

#### 【0024】

リードラグ・トーションエレメント 5 は、図 1 に示すようにフラッピングエレメント 3 と比較してビーム幅方向の寸法を小さくして剛性を調整することにより、ブレードのリードラグ運動（ビーム前後縁方向の曲げ運動）を可能にしている。

#### 【0025】

また、リードラグ・トーションエレメント 5 は、ビーム長さ方向に対して直角な方向の断面形状を、2 つの略 Y 字形状を結合させたような形状（略 X 字形状：図 2 参照）とし、最外周部分を繋がないで振り剛性を調整することにより、フェザリング運動（ビーム長さ方向中心周りの振り運動）を可能にしている。リードラグ・トーションエレメント 5 は、本発明におけるリードラグ・フェザリング部である。

#### 【0026】

トランジットエレメント 4 は、フラッピングエレメント 3 及びリードラグ・トーションエレメント 5 を接続する部分である。ブレード取付部 6 は、ヘリコプタのロータブレードが取り付けられる部分であって、図 1 に示すようにフレックスビーム 1 のビーム長さ方向両端部に設けられている。

#### 【0027】

次に、本発明の主要部であるリードラグ・トーションエレメント（リードラグ・フェザリング部）5 の構成について、図 2 から図 4 を用いて詳細に説明する。

#### 【0028】

リードラグ・トーションエレメント 5 は、ビーム長さ方向に延在し複数の繊維

配向を有する第1複合材と、ビーム長さ方向に延在し延在方向と同一の繊維配向を有する第2複合材と、これら第1複合材及び第2複合材からなる各部分の表面を被覆する第3複合材と、を一体的に接合させて構成したものである。

#### 【0029】

第1複合材は、ガラス繊維製の織物に熱硬化性樹脂を含浸させたプリプレグを、一枚ないし複数枚積層して硬化させたテープ状のガラス繊維強化複合材である。第1複合材によって、後述する複数の部分（中央部分10、第1前縁上側延在部分11、第1前縁下側延在部分12、第1後縁上側延在部分13、第1後縁下側延在部分14、第2前縁上側延在部分15、第2前縁下側延在部分16、第2後縁上側延在部分17及び第2後縁下側延在部分18）が形成される。

#### 【0030】

第2複合材は、一方向に延在するガラス繊維に熱硬化性樹脂を含浸させたループレ材である。第2複合材によって、後述する複数の部分（中央上部分20、第1前後縁上部分21、第2前後縁上部分22、中央下部分23、第1前後縁下部分24、第2前後縁下部分25、第1前縁部分26、第2前縁部分27、第1後縁部分28及び第2後縁部分29）が形成される。

#### 【0031】

なお、第2複合材によって形成される各部分は分割されており、各部分は、フィラメントワインディング装置等によって連続する一本のロービングを巻回することにより調製され、かつ、形状が整えられている。なお、本実施の形態においては、第1複合材及び第2複合材を構成する熱硬化性樹脂として、エポキシ樹脂を採用している。

#### 【0032】

リードラグ・トーションエレメント5は、図2に示すように、ビーム厚さ方向中央部に配置されビーム幅方向に延在する中央部分10と、中央部分10のビーム前縁側端部からビーム上下方向に分岐するようにビーム前縁方向に延在する第1前縁上側延在部分11及び第1前縁下側延在部分12と、中央部分10のビーム後縁側端部からビーム上下方向に分岐するようにビーム後縁方向に延在する第1後縁上側延在部分13及び第1後縁下側延在部分14と、を有している。これ

ら第1前縁上側延在部分11、第1前縁下側延在部分12、第1後縁上側延在部分13及び第1後縁下側延在部分14は、本発明における第1延在部分であり、第1複合材によって形成されている。

#### 【0033】

また、リードラグ・トーションエレメント5は、図2に示すように、第1前縁上側延在部分11及び第1前縁下側延在部分12の各々のビーム前縁側端部で中央部分10と略平行な方向に折曲するようにビーム前縁方向に延在する第2前縁上側延在部分15及び第2前縁下側延在部分16と、第1後縁上側延在部分13及び第1後縁下側延在部分14の各々のビーム後縁側端部で中央部分10と略平行な方向に折曲するようにビーム後縁方向に延在する第2後縁上側延在部分17及び第2後縁下側延在部分18と、を有している。これら第2前縁上側延在部分15、第2前縁下側延在部分16、第2後縁上側延在部分17及び第2後縁下側延在部分18は、本発明における第2延在部分であり、第1複合材によって形成されている。

#### 【0034】

なお、中央部分10の上側、第1前縁上側延在部分11、第1後縁上側延在部分13、第2前縁上側延在部分15及び第2後縁上側延在部分17は、1枚の第1複合材を折り曲げてビーム上方に配置することにより形成される。また、中央部分10の下側、第1前縁下側延在部分12、第1後縁下側延在部分14、第2前縁下側延在部分16及び第2後縁下側延在部分18は、1枚の第1複合材を折り曲げてビーム下方に配置することにより形成される。

#### 【0035】

また、リードラグ・トーションエレメント5は、図2に示すように、中央部分10、第1延在部分（第1前縁上側延在部分11、第1後縁上側延在部分13）及び第2延在部分（第2前縁上側延在部分15、第2後縁上側延在部分17）の各々のビーム上側表面に配置された中央上部分20、第1前後縁上部分21及び第2前後縁上部分22を有している。また、中央部分10、第1延在部分（第1前縁下側延在部分12、第1後縁下側延在部分14）及び第2延在部分（第2前縁下側延在部分16、第2後縁下側延在部分18）の各々のビーム下側表面に配

置された中央下部分 23、第 1 前後縁下部分 24 及び第 2 前後縁下部分 25 を有している。中央上部分 20、第 1 前後縁上部分 21 及び第 2 前後縁上部分 22 は、本発明における上部分であり、中央下部分 23、第 1 前後縁下部分 24 及び第 2 前後縁下部分 25 は、本発明における下部分であり、これら上下部分は第 2 複合材によって形成されている。

#### 【0036】

また、リードラグ・トーションエレメント 5 は、図 2 に示すように、第 1 延在部分（第 1 前縁上側延在部分 11、第 1 前縁下側延在部分 12）及び第 2 延在部分（第 2 前縁上側延在部分 15、第 2 前縁下側延在部分 16）の各々のビーム前縁側表面に配置された第 1 前縁部分 26 及び第 2 前縁部分 27 を有している。また、第 1 延在部分（第 1 後縁上側延在部分 13、第 1 後縁下側延在部分 14）及び第 2 延在部分（第 2 後縁上側延在部分 17、第 2 後縁下側延在部分 18）の各々のビーム後縁側表面に配置された第 1 後縁部分 28 及び第 2 後縁部分 29 を有している。第 1 前縁部分 26 及び第 2 前縁部分 27 は、本発明における前縁部分であり、第 1 後縁部分 28 及び第 2 後縁部分 29 は、本発明における後縁部分であり、これら前後縁部分は第 2 複合材によって形成されている。

#### 【0037】

また、リードラグ・トーションエレメント 5 は、図 2 に示すように、中央上部分 20、第 1 前後縁上部分 21、第 2 前後縁上部分 22、中央下部分 23、第 1 前後縁下部分 24、第 2 前後縁下部分 25、第 1 前縁部分 26、第 2 前縁部分 27、第 1 後縁部分 28 及び第 2 後縁部分 29 の表面を被覆する第 3 複合材から形成された被覆部 30 を有している。第 3 複合材としては、第 1 複合材と同様に、ガラス繊維製の織物に熱硬化性樹脂を含浸させたプリプレグを硬化させたテープ状のガラス繊維強化複合材を採用することができる。

#### 【0038】

なお、第 1 複合材からなる中央部分 10 と、第 2 複合材からなる中央上部分 20 及び中央下部分 23 と、第 3 複合材からなる被覆部 30 と、によって、本発明における中央部（長尺狭幅の略平板状の部分）が形成される。また、第 1 複合材からなる第 1 前縁上側延在部分 11、第 1 前縁下側延在部分 12、第 1 後縁上側

延在部分 13 及び第 1 後縁下側延在部分 14 と、第 2 複合材からなる第 1 前後縁上部分 21、第 1 前後縁下部分 24、第 1 前縁部分 26 及び第 1 後縁部分 28 と、第 3 複合材からなる被覆部 30 と、によって、本発明における中間部（中央部に連続しその長手方向に沿った両端部から分岐して上下に延在する略平板状の部分）が形成される。また、第 1 複合材からなる第 2 前縁上側延在部分 15、第 2 前縁下側延在部分 16、第 2 後縁上側延在部分 17 及び第 2 後縁下側延在部分 18 と、第 2 複合材からなる第 2 前後縁上部分 22、第 2 前後縁下部分 25、第 2 前縁部分 27 及び第 2 後縁部分 29 と、第 3 複合材からなる被覆部 30 と、によって、本発明における縁部（中間部に連続しその各端部から折曲して中央部と略平行に延在する略平板状の部分）が形成される。

#### 【0039】

そして、リードラグ・トーションエレメント 5 の中央部分 10、第 1 前縁上側延在部分 11、第 1 前縁下側延在部分 12、中央上部分 20、第 1 前後縁上部分 21、中央下部分 23、第 1 前後縁下部分 24、第 1 前縁部分 26 及び被覆部 30 によって、前縁側分岐部 40 が構成されている。また、中央部分 10、第 1 後縁上側延在部分 13、第 1 後縁下側延在部分 14、中央上部分 20、第 1 前後縁上部分 21、中央下部分 23、第 1 前後縁下部分 24、第 1 後縁部分 28 及び被覆部 30 によって、後縁側分岐部 50 が構成されている。これら前縁側分岐部 40 及び後縁側分岐部 50 は、本発明における分岐部である。

#### 【0040】

また、リードラグ・トーションエレメント 5 の第 1 前縁上側延在部分 11、第 1 前縁下側延在部分 12、第 2 前縁上側延在部分 15、第 2 前縁下側延在部分 16、第 1 前後縁上部分 21、第 2 前後縁上部分 22、第 1 前後縁下部分 24、第 2 前後縁下部分 25、第 1 前縁部分 26、第 2 前縁部分 27 及び被覆部 30 によって、前縁側折曲部 60 が構成されている。また、第 1 後縁上側延在部分 13、第 1 後縁下側延在部分 14、第 2 後縁上側延在部分 17、第 2 後縁下側延在部分 18、第 1 前後縁上部分 21、第 2 前後縁上部分 22、第 1 前後縁下部分 24、第 2 前後縁下部分 25、第 1 後縁部分 28、第 2 後縁部分 29 及び被覆部 30 によって、後縁側折曲部 70 が構成されている。これら前縁側折曲部 60 及び後縁

側折曲部 70 は、本発明における折曲部である。なお、各分岐部（前縁側分岐部 40 及び後縁側分岐部 50）及び各折曲部（前縁側折曲部 60 及び後縁側折曲部 70）は、本発明における隅部である。

#### 【0041】

前縁側分岐部 40 には、図 2 に示すように、ビーム上側部分に前縁上方凹部 41 が、ビーム下側部分に前縁下方凹部 42 が、ビーム前縁側部分に前方凹部 43 が、各々設けられている。また、後縁側分岐部 50 には、ビーム上側部分に後縁上方凹部 51 が、ビーム下側部分に後縁下方凹部 52 が、ビーム後縁側部分に後方凹部 53 が、各々設けられている。

#### 【0042】

前縁側折曲部 60 には、図 2 に示すように、ビーム上下側部分に前縁外方凹部 61 が、ビーム前縁側部分に前縁内方凹部 62 が、各々設けられている。また、後縁側折曲部 70 には、図 2 に示すように、ビーム上下側部分に後縁外方凹部 71 が、ビーム後縁側部分に後縁内方凹部 72 が、各々設けられている。

#### 【0043】

これら前縁上方凹部 41、前縁下方凹部 42、前方凹部 43、後縁上方凹部 51、後縁下方凹部 52、後方凹部 53、前縁外方凹部 61、前縁内方凹部 62、後縁外方凹部 71 及び後縁内方凹部 72 は、本発明における凹部である。これら凹部により、リードラグ・トーションエレメント 5 の捩り剛性が効果的に低下する。

#### 【0044】

凹部の最小断面厚さは、凹部が設けられる部分の平板部の板厚の 80～90% とする。凹部が深すぎるとリードラグ・トーションエレメント 5 の強度が低下し、凹部が浅すぎるとリードラグ・トーションエレメント 5 の捩り剛性が低下せず、本発明の目的を達成できないからである。

#### 【0045】

ここで、図 3 を用いて、リードラグ・トーションエレメント 5 の分岐部及び折曲部に設けられた凹部の形状と、この凹部を形成するための成形治具と、について説明する。なお、以下においては、後縁側分岐部 50 及び後縁側折曲部 70 に

設けられた凹部の形状と、これら凹部を形成するための成形治具についてのみ説明することとし、これら凹部と実質的に形状が同一となる前縁側分岐部40及び前縁側折曲部60に設けられる凹部と、これら凹部を形成するための成形治具については説明を省略する。

#### 【0046】

リードラグ・トーションエレメント5の後縁側分岐部50に設けられた後縁下方凹部52は、後述する下面成形治具200のビーム下方向への抜き取りを阻害しないような形状とされている(図3参照)。すなわち、後縁下方凹部52の断面は、後縁側分岐部50を形成する2平面と滑らかに繋がる略円弧形状とされ、かつ、これら2平面の延長面 $P_1$ 及び $P_2$ よりも内部に形成されている。そして、この後縁下方凹部52と同様に、後縁側折曲部70に設けられた後縁外方凹部71も、下面成形治具200のビーム下方向への抜き取りを阻害しないような形状とされている。また、後縁側分岐部50に設けられた後縁上方凹部51や、後縁側折曲部70に設けられた後縁外方凹部71は、後述する上面成形治具100のビーム上方向への抜き取りを阻害しないような形状とされている。

#### 【0047】

また、リードラグ・トーションエレメント5の後縁側折曲部70に設けられた後縁内方凹部72は、後述する側面成形治具300のビーム後縁方向への抜き取りを阻害しないような形状とされている(図3参照)。そして、この後縁内方凹部72と同様に、後縁側分岐部50に設けられた後方凹部53も、側面成形治具300のビーム後縁方向への抜き取りを阻害しないような形状とされている。

#### 【0048】

リードラグ・トーションエレメント5は、図3に示すように、ビーム上側に配置される上面成形治具100と、ビーム下側に配置される下面成形治具200と、ビーム前後縁側に配置される側面成形治具300と、を用いて成形される。これらは、従来の成形治具に所要の凸部を設けたものである。

#### 【0049】

上面成形治具100には、図3に示すように、後縁側分岐部50の後縁上方凹部51を形成するための第1凸部110と、後縁側折曲部70の後縁外方凹部7



1を形成するための第2凸部120と、が設けられている。また、下面成形治具200には、図3に示すように、後縁側分岐部50の後縁下方凹部52を形成するための第1凸部210と、後縁側折曲部70の後縁外方凹部71を形成するための第2凸部220と、が設けられている。また、側面成形治具300には、図3に示すように、後縁側分岐部50の後方凹部53を形成するための第1凸部310と、後縁側折曲部70の後縁内方凹部72を形成するための第2凸部320と、が設けられている。

#### 【0050】

また、本実施の形態に係るフレックスビーム1のリードラグ・トーションエレメント5に設けられた各凹部の表面には、補強用のダブラ80が貼付されている。図4(a)は、リードラグ・トーションエレメント5の各凹部をダブラ80(斜線部分)で被覆した状態を示す概略斜視図であり、図4(b)は、リードラグ・トーションエレメント5のビーム後縁側に設けられた各凹部にダブラ80を貼付した状態を示す模式図であり、図4(c)は、図4(b)のC部分の拡大図である。

#### 【0051】

ダブラ80は、リードラグ・トーションエレメント5の各凹部の表面を被覆して補強する複合材製の部材である。ダブラ80としては、強化繊維製の織物に熱硬化性樹脂を含浸させたプリプレグからなるシート状の繊維強化複合材を採用することができる。

#### 【0052】

本実施の形態においては、図4(c)に示すように、シート状の繊維強化複合材81を複数枚積層してダブラ80を構成している。かかるダブラ80により、凹部が設けられて板厚が薄くなった分岐部や折曲部を補強することができるので、曲げ荷重や捩り荷重に対するビームの強度を高めることができる。なお、凹部を設けダブラ80を貼付した状態における分岐部及び折曲部の最小断面厚さは、平板部の厚さの80%以内に収めるのが好ましい。

#### 【0053】

次に、図5を用いて、本実施の形態に係るフレックスビーム1のリードラグ・

トーションエレメント 5 の成形方法について説明する。図 5 は、リードラグ・トーションエレメント 5 のビーム後縁部分を成形する際における各複合材及び成形治具の配置態様を示した説明図である。なお、以下においては、リードラグ・トーションエレメント 5 のビーム後縁部分を成形する手順のみを説明するが、ビーム前縁部分を成形する手順も実質的に同一である。

#### 【0054】

まず、図 5 に示すように、2 枚の第 1 複合材 A、B を、中央部分 10 となる部分 10 A、10 B を上下に重ねて配置する。そして、上側に配置した第 1 複合材 A を折り曲げて、第 1 後縁上側延在部分 13 となる部分 13 A と、（図示していない）第 2 後縁上側延在部分 17 となる部分と、を構成する。また、下側に配置した第 1 複合材 B を折り曲げて、第 1 後縁下側延在部分 14 となる部分 14 B と、第 2 後縁下側延在部分 18 となる部分 18 B と、を構成する。

#### 【0055】

次いで、第 1 複合材 A の中央部分 10 となる部分 10 A、第 1 後縁上側延在部分 13 となる部分 13 A 及び（図示していない）第 2 後縁上側延在部分 17 となる部分の各々の上方に、第 2 複合材 C の中央上部分 20 となる部分 20 C、第 1 前後縁上部分 21 となる部分 21 C 及び（図示していない）第 2 前後縁上部分 22 となる部分を配置する。

#### 【0056】

ここで用いられる第 2 複合材 C の中央上部分 20 となる部分 20 C 及び第 1 前後縁上部分 21 となる部分 21 C は、後縁側分岐部 50 の後縁上方凹部 51 が形成されるように形状が整えられている（図 5 参照）。

#### 【0057】

また、第 1 複合材 B の中央部分 10 となる部分 10 B、第 1 後縁下側延在部分 14 となる部分 14 B 及び第 2 後縁下側延在部分 18 となる部分 18 B の各々の下方に、第 2 複合材 C の中央下部分 23 となる部分 23 C、第 1 前後縁下部分 24 となる部分 24 C 及び第 2 前後縁下部分 25 となる部分 25 C を配置する。

#### 【0058】

ここで用いられる第 2 複合材 C の中央下部分 23 となる部分 23 C 及び第 1 前

後縁下部分 24 となる部分 24C は、後縁側分岐部 50 の後縁下方凹部 52 が形成されるように形状が整えられている（図 5 参照）。また、第 2 複合材 C の第 1 前後縁下部分 24 となる部分 24C 及び第 2 前後縁下部分 25 となる部分 25C は、後縁側折曲部 70 の後縁外方凹部 71 が形成されるように形状が整えられている（図 5 参照）。

#### 【0059】

また、第 1 複合材 A の第 1 後縁上側延在部分 13 となる部分 13A 及び（図示していない）第 2 後縁上側延在部分 17 となる部分の各々のビーム後縁側に、第 2 複合材 C の第 1 後縁部分 28 となる部分 28C 及び（図示していない）第 2 後縁部分 29 となる部分を配置する。また、第 1 複合材 B の第 1 後縁下側延在部分 14 となる部分 14B 及び第 2 後縁下側延在部分 18 となる部分 18B のビーム後縁側に、第 2 複合材 C の第 1 後縁部分 28 となる部分 28C 及び第 2 後縁部分 29 となる部分 29C を配置する。

#### 【0060】

ここで用いられる第 2 複合材 C の第 1 後縁部分 28 となる部分 28C は、後縁側分岐部 50 の後方凹部 53 が形成されるように形状が整えられている（図 5 参照）。また、第 2 複合材 C の第 1 後縁部分 28 となる部分 28C 及び第 2 後縁部分 29 となる部分 29C は、後縁側折曲部 70 の後縁内方凹部 72 が形成されるように形状が整えられている（図 5 参照）。

#### 【0061】

次いで、図 5 に示すように、後縁上方凹部 51、後縁下方凹部 52、後方凹部 53、後縁外方凹部 71 及び後縁内方凹部 72 の各々が形成される部分の第 2 複合材 C の表面に、ダブル 80 を形成するためのシート状の繊維強化複合材 81 を積層する。その後、第 2 複合材 C 及びシート状の繊維強化複合材 81 の表面を第 3 複合材 D で被覆する。

#### 【0062】

続いて、これら第 1 複合材 A、B、第 2 複合材 C、シート状の繊維強化複合材 81 及び第 3 複合材 D から構成された成形部材に、ビーム上側から（図示していない）上面成形治具を、ビーム下側から下面成形治具 200 を、ビーム後縁側か

ら側面成形治具 3 0 0、を各々押し付けて加圧し、これら第 1 複合材 A、B、第 2 複合材 C、シート状の繊維強化複合材 8 1 及び第 3 複合材 D を一体的に接合して、リードラグ・トーションエレメント 5（ビーム後縁部分）を成形する。

#### 【0 0 6 3】

以上説明した実施の形態に係るフレックスビーム 1 においては、リードラグ・トーションエレメント 5 の各分岐部（前縁側分岐部 4 0 及び後縁側分岐部 5 0）と、各折曲部（前縁側折曲部 6 0 及び後縁側折曲部 7 0）と、に凹部（前縁上方凹部 4 1、前縁下方凹部 4 2、前方凹部 4 3、後縁上方凹部 5 1、後縁下方凹部 5 2、後方凹部 5 3、前縁外方凹部 6 1、前縁内方凹部 6 2、後縁外方凹部 7 1 及び後縁内方凹部 7 2）が設けられている。また、各凹部の断面は略円弧状に滑らかに形成されている。このため、リードラグ・トーションエレメント 5 の捩り剛性が低くなり、力の集中を緩和することができる。

#### 【0 0 6 4】

従って、捩り変形によって生じるせん断応力が小さくなるため、ビームの強度を向上させることができる。また、リードラグ・トーションエレメント 5 の捩り剛性が低くされることにより、ブレードのピッチ変更に要する操縦力を低減させることができる。この結果、ピッチ変更用の操縦系統への負荷を軽減することができる。この操縦系統の構成部品等の安全性・信頼性を向上させることができる。

#### 【0 0 6 5】

また、本実施の形態に係るフレックスビーム 1 においては、リードラグ・トーションエレメント 5 の各分岐部及び各折曲部に設けられた各凹部に、複合材製のダブラ 8 0 が配置されているので、凹部が設けられて板厚が薄くなった各分岐部及び各折曲部における複合材同士の接合部を補強することができる。従って、曲げ荷重や捩り荷重に対するビームの強度を高めることができる。

#### 【0 0 6 6】

また、本実施の形態に係るフレックスビーム 1 においては、従来の成形治具に所定の凸部を設けた成形治具（上面成形治具 1 0 0、下面成形治具 2 0 0 及び側面成形治具 3 0 0）を用いることによって、リードラグ・トーションエレメント 5 の各分岐部及び各折曲部に凹部を簡易に形成することができる（図 3 参照）。

従って、新たに成形治具を製作する必要がなく、治具製作費を節減することができる。

#### 【0067】

また、本実施の形態に係るフレックスビーム 1 においては、リードラグ・トーションエレメント 5 を成形する際に、複数の部分に予め分割され事前に形状が整えられた第 2 複合材を用いるので、成形時に第 2 複合材を偏りなく配置することができる。従って、成形品の品質を安定させることができる。

#### 【0068】

なお、以上の実施の形態に係るフレックスビーム 1 のリードラグ・トーションエレメント 5 においては、2 つの分岐部及び 4 つの折曲部全てに凹部を設けた例を示したが、2 つの分岐部のうち何れか一方に凹部を設けてもよく、4 つの折曲部から選択した 1 つないし 3 つの折曲部に凹部を設けることもできる。また、各分岐部及び各折曲部においてビーム上側（下側）にのみ凹部を設けたり、ビーム前縁側（後縁側）にのみ凹部を設けたりすることもできる。さらに、ビーム強度を勘案して、分岐部及び折曲部の何れか一方にのみ凹部を設けてもよい。

#### 【0069】

##### 【発明の効果】

請求項 1 又は 2 に記載の発明によれば、リードラグ・フェザリング部は、隅部（分岐部及び／又は折曲部）に凹部が設けられるので、捩り剛性が低くなり、力の集中を緩和することができる。従って、捩り変形によって生じるせん断応力が小さくなるため、ビームの強度を向上させることができる。また、リードラグ・フェザリング部の捩り剛性の低下により、ブレードのピッチ変更に要する操縦力を低減させることができる。この結果、ピッチ変更用の操縦系統への負荷を軽減することができ、操縦系統の構成部品等の安全性・信頼性を向上させることができる。

#### 【0070】

請求項 3 に記載の発明によれば、複合材製のダブラによって凹部の表面が被覆されるので、板厚が薄くなった隅部（分岐部及び／又は折曲部）における複合材同士の間接部が補強される。従って、曲げ荷重や捩り荷重に対するビームの強度を

向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態に係るフレックスビームを示したものであり、(a)はその平面図、(b)はその側面図である。

【図 2】

図 1 の II-II 部分 (リードラグ・フェザリング部) の拡大断面図である。

【図 3】

図 1 に示したフレックスビームのリードラグ・トーションエレメントの分岐部及び折曲部に設けられた凹部の形状と、この凹部を形成するための成形治具と、を説明するための説明図である。

【図 4】

(a) は、図 1 に示したフレックスビームのリードラグ・トーションエレメントの凹部をダブルで被覆した状態を示す概略斜視図であり、(b) は、(a) に示したリードラグ・トーションエレメントのビーム後縁側に設けられた凹部にダブルを配置した状態を示す模式図であり、(c) は、(b) の C 部分の拡大図である。

【図 5】

図 1 に示したフレックスビームのリードラグ・トーションエレメントのビーム後縁部分を成形する際における各複合材及び成形治具の配置態様を示した説明図である。

【符号の説明】

- 1      フレックスビーム
- 3      フラッピングエレメント
- 5      リードラグ・トーションエレメント (リードラグ・フェザリング部)
- 10     中央部分
- 11     第 1 前縁上側延在部分
- 12     第 1 前縁下側延在部分
- 13     第 1 後縁上側延在部分

- 1 4 第 1 後縁下側延在部分
- 1 5 第 2 前縁上側延在部分
- 1 6 第 2 前縁下側延在部分
- 1 7 第 2 後縁上側延在部分
- 1 8 第 2 後縁下側延在部分
- 2 0 中央上部分
- 2 1 第 1 前後縁上部分
- 2 2 第 2 前後縁上部分
- 2 3 中央下部分
- 2 4 第 1 前後縁下部分
- 2 5 第 2 前後縁下部分
- 2 6 第 1 前縁部分
- 2 7 第 2 前縁部分
- 2 8 第 1 後縁部分
- 2 9 第 2 後縁部分
- 4 0 前縁側分岐部 (隅部)
- 4 1 前縁上方凹部
- 4 2 前縁下方凹部
- 4 3 前方凹部
- 5 0 後縁側分岐部 (隅部)
- 5 1 後縁上方凹部
- 5 2 後縁下方凹部
- 5 3 後方凹部
- 6 0 前縁側折曲部 (隅部)
- 6 1 前縁外方凹部
- 6 2 前縁内方凹部
- 7 0 後縁側折曲部 (隅部)
- 7 1 後縁外方凹部
- 7 2 後縁内方凹部

8 0 ダブラ

A、B 第 1 複合材

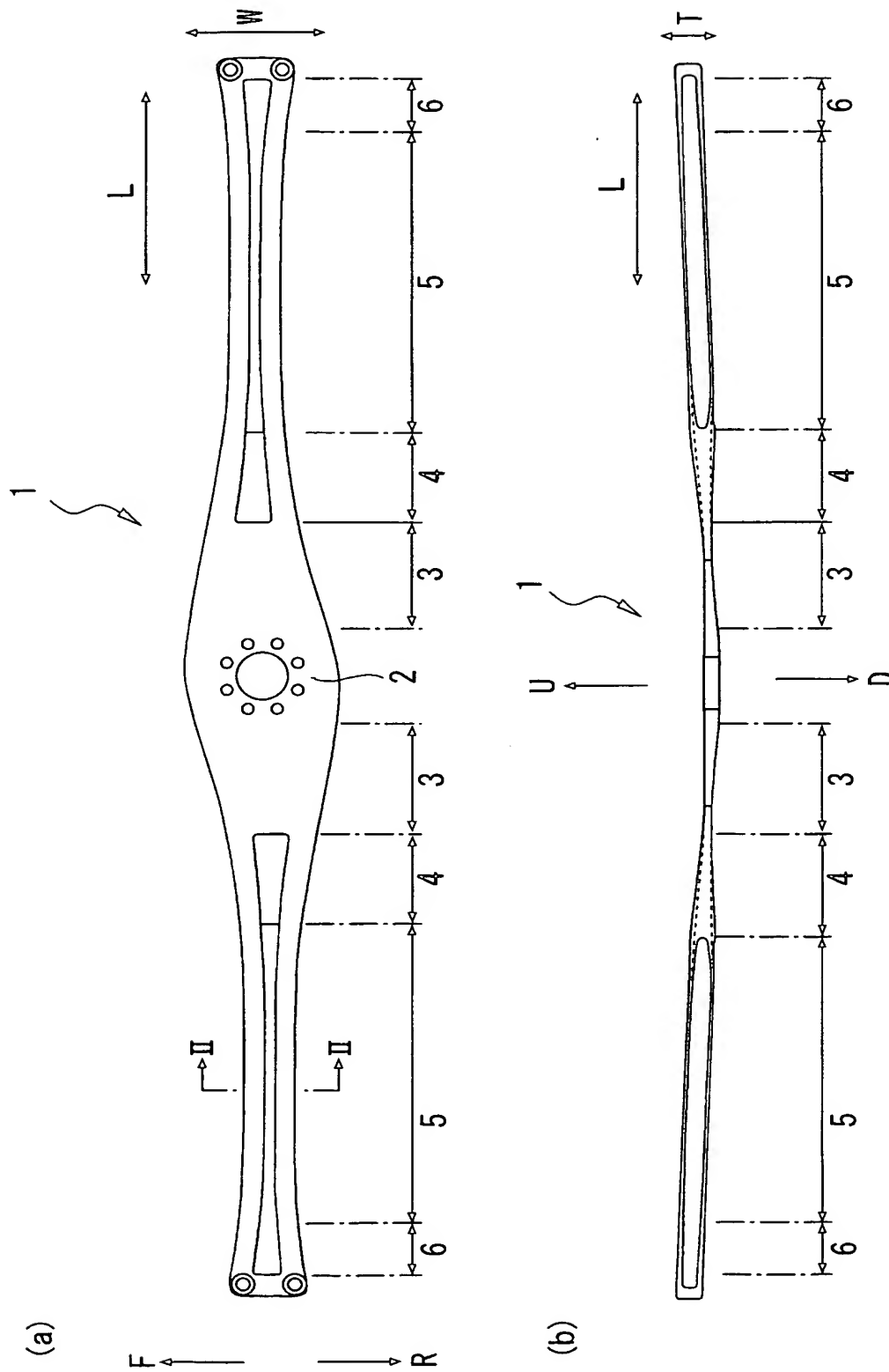
C 第 2 複合材



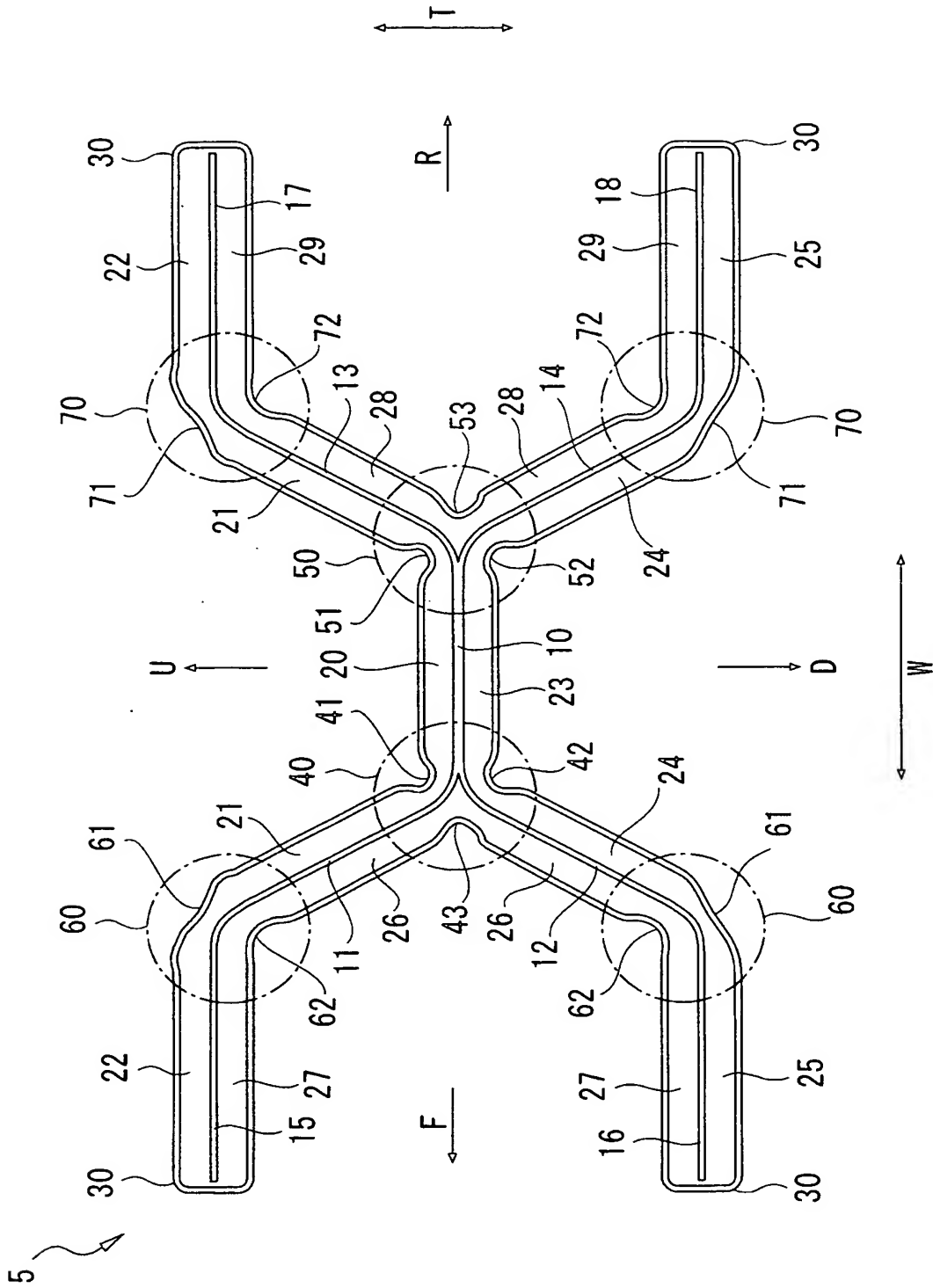
【書類名】

図面

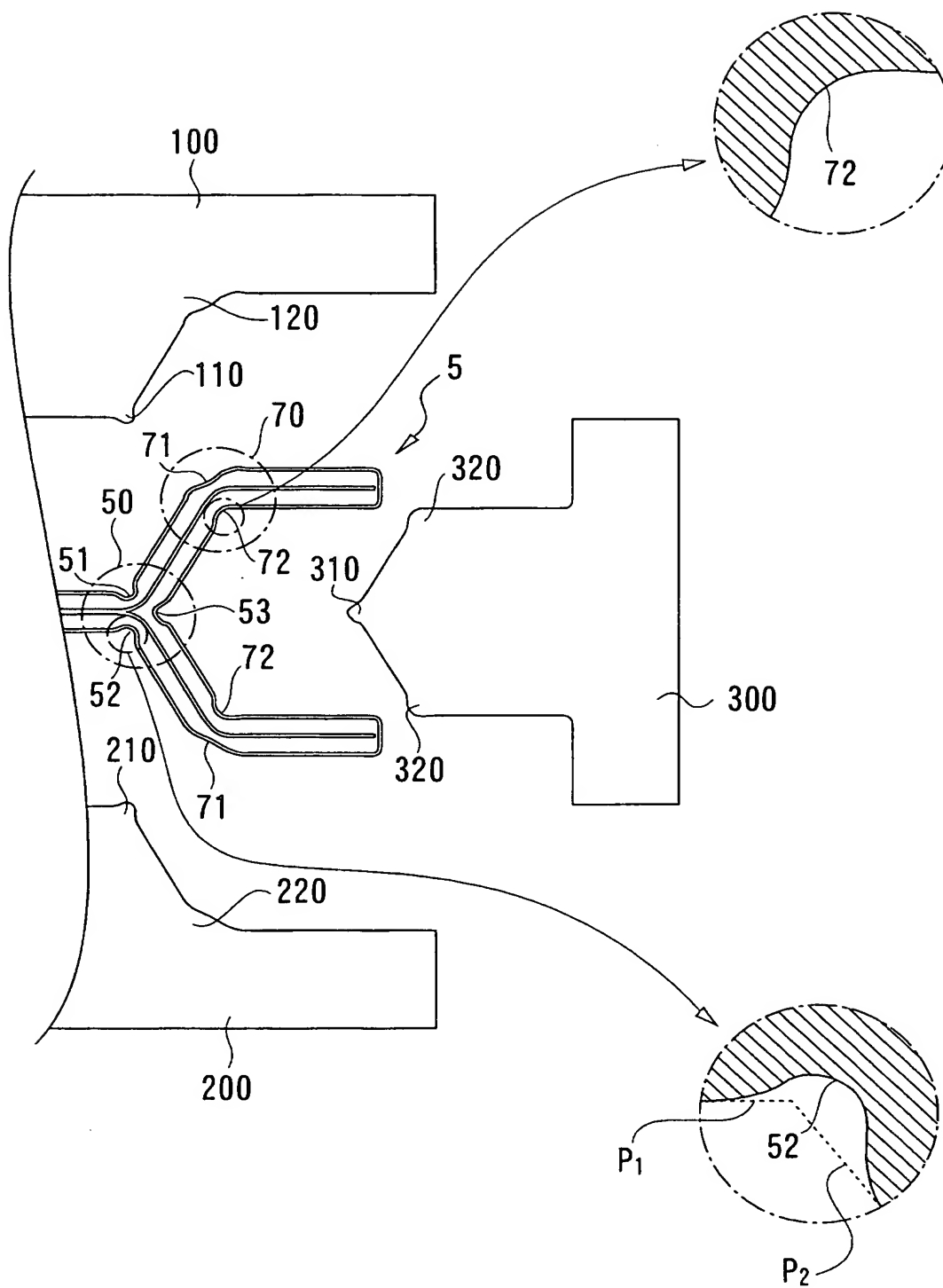
【図 1】



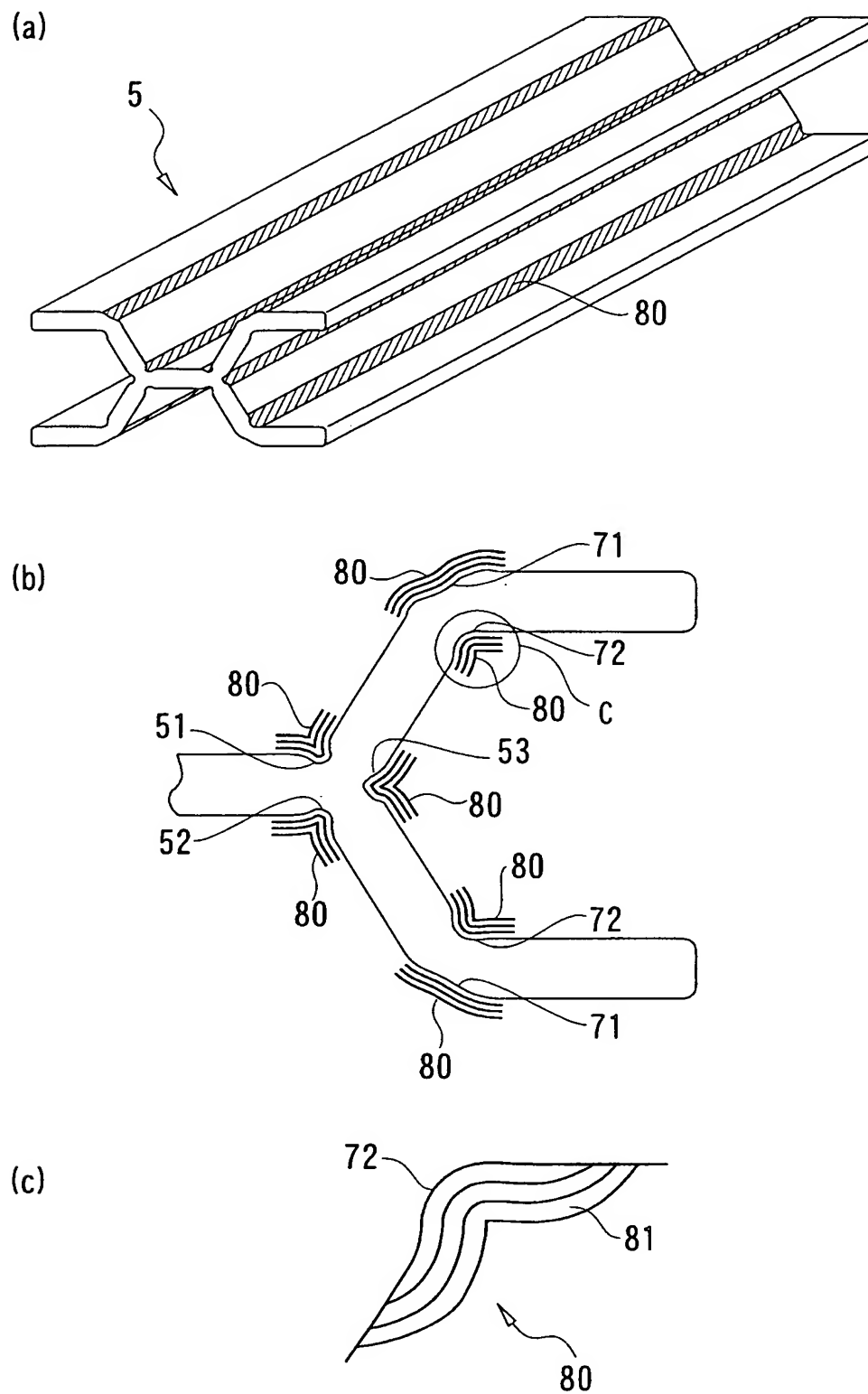
【図 2】



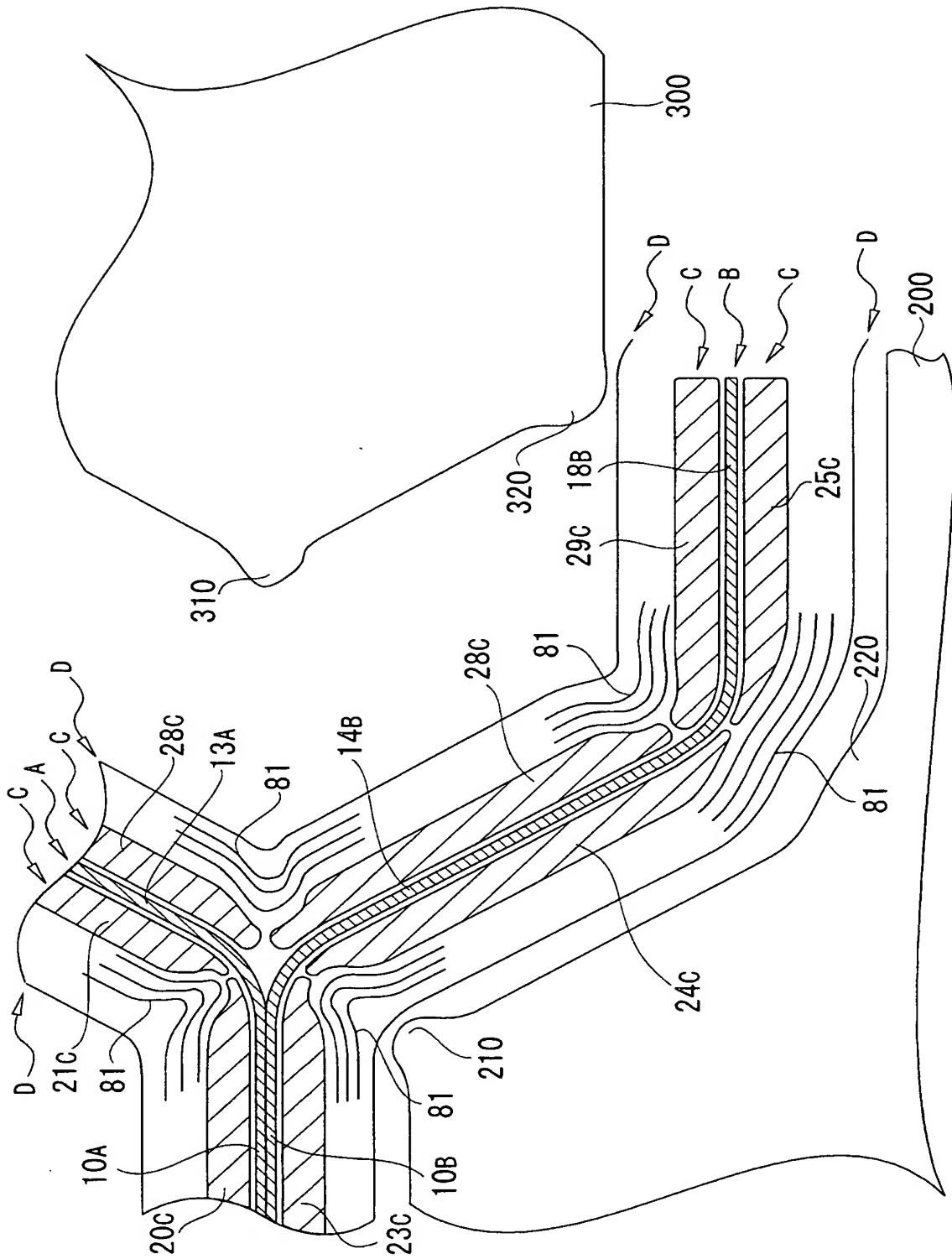
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 フレックスビームにおいて、リードラグ・フェザリング部の捩り剛性を低くすることにより、捩り変形によって生じるせん断応力を小さくして強度を向上させるとともに、ピッチ変更用の操縦系統の安全性・信頼性を向上させる。

【解決手段】 フラッピング部 3 及びリードラグ・フェザリング部 5 を備えるフレックスビーム 1 において、リードラグ・フェザリング部 5 を、ビーム長さ方向に延在し複数の繊維配向を有する第 1 複合材と、ビーム長さ方向に延在しこの延在方向と同一の繊維配向を有する第 2 複合材と、を一体的に接合して構成する。リードラグ・フェザリング部 5 は、ビーム長さ方向に対して直角な方向の断面形状が、2 つの略 Y 字形状を結合させた形状（略 X 字形状）とされ、その分岐部 4 0、5 0 及び折曲部 6 0、7 0 に所定の凹部が設けられることにより、捩り剛性が低くされている。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 2 - 3 5 1 5 9 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 3 4 8 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都新宿区西新宿一丁目 7 番 2 号

氏 名

富士重工業株式会社